

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 58023294
PUBLICATION DATE : 10-02-83

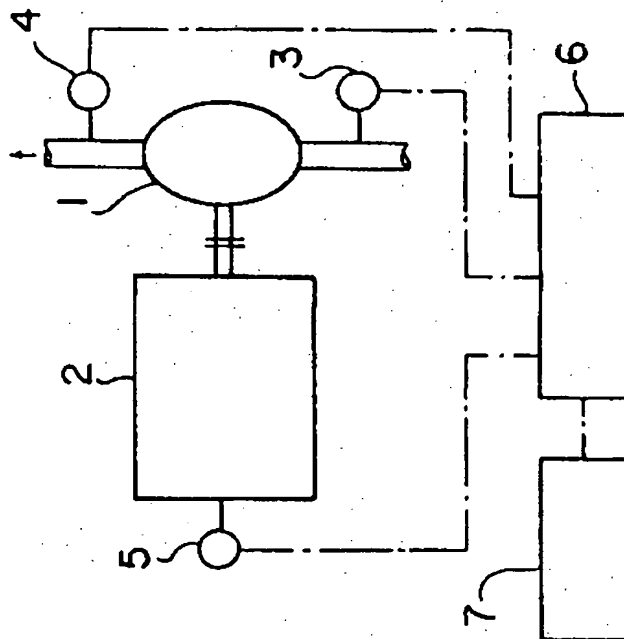
APPLICATION DATE : 05-08-81
APPLICATION NUMBER : 56121911

APPLICANT : EBARA CORP;

INVENTOR : ARAI KAZUTOSHI;

INT.CL. : F04D 15/00 F04B 49/06

TITLE : PUMPING CONDITION SUPERVISORY
SYSTEM



ABSTRACT : **PURPOSE:** To enable fine and highly efficient pumping in such a way that pumping operation is done by means of a microcomputer using suction pressure and discharge pressure, or detecting signals of the number of revolution and pumping characteristic curves.

CONSTITUTION: In a constant-speed or variable-speed turbo pump 1, pressure detectors 3, 4 are provided on the suction side and on the discharge side of the pump. Besides, in the variable-speed pump, further a revolving number detector 5 is provided for detecting the suction pressure, discharge pressure, and the number of revolution of the pump. By using their detecting signals and pumping characteristic curves, a microcomputer 6 finds the present value, upper limit value, lower limit value, value in the maximum efficiency point of the flow rate, and the present value, upper limit value, lower limit value, value in the maximum efficiency point of the discharge pressure, and computes those values.

COPYRIGHT: (C)1983,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—23294

⑪ Int. Cl.³
F 04 D 15/00
F 04 B 49/06

識別記号

庁内整理番号
7718—3H
7719—3H

⑬ 公開 昭和58年(1983)2月10日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑭ ポンプ運転状態監視方式

東京都大田区羽田旭町11番1号
株式会社荏原製作所内

⑮ 特 願 昭56—121911

⑯ 出 願 人 株式会社荏原製作所

⑰ 出 願 昭56(1981)8月5日

東京都大田区羽田旭町11番1号

⑱ 発 明 者 新井和敏

⑲ 代 理 人 弁理士 高橋敏忠

明 細 書

1. 発明の名称

ポンプ運転状態監視方式

2. 特許請求の範囲

(1) 定速もしくは可変速のターボ形ポンプにおいて、ポンプ吸込み側および吐出し側に圧力検出器を設け、また可変速ターボ形ポンプに対してはさらに回転数検出器を設け、それら検出器の検出信号およびポンプ特性曲線を用いマイクロコンピュータにより、流量の現在値 Q_1 、上限値 Q_2 、下限値 Q_3 、最高効率点における値 Q_4 、および吐出し圧力の現在値 P_1 、上限値 P_2 、下限値 P_3 、最高効率点における値 P_4 を求め、それらの値を出力するとともに、現在値が上限値と下限値の間にあるか否かを判定し、判定結果を出力することを特徴とするポンプ運転状態監視方式。

(2) 流量検出器を設け、その検出器の検出信号を追加入力して計測流量 Q_1 を求め、 Q_1 と Q_2 との偏差があらかじめマイクロコンピュータに設定した許容偏差以内になっているか否かを判定し、判定結

果を出力することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のポンプ運転状態監視方式。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、ポンプ運転状態監視方式に関する。

従来のポンプ運転状態監視方式は、検出器で直接検出しうる状態量の表示を主体としており、ポンプ性能特性を用いて導びくことのできる状態量の表示はほとんど行っていない。たとえば、ポンプ吸込圧力、吐出し圧力、回転数を検出すればポンプ特性から流量、ポンプ効率、必要NPSH(ネット・ポジティブ・サクション・ヘッド)などポンプ運転に関する有用な情報が得られるが従来の監視方式ではこれらの情報の出力は行っていない。

また、ポンプが適正運転範囲内で運転されているか否かを監視する場合、従来は次のいずれかの方法によっていた。

第1の方法は、流量もしくは圧力があらかじめ設定した許容値を逸脱したか否かで判定する方法である。第2の方法は第1図に示すように、キャ

ビテーション限界や過大・過小流量限界などから定まる限界線101および102、回転数上限に対応する限界線103、回転数下限に対応する限界線104を監視装置に記憶させ、流量および圧力が限界線101、102、103、104で囲まれた領域内に存在するか否かで判定する方法である。

第1図に示す限界線101、102、103、104を第2図に示すように、回転数と流量の関係に変換して限界線101'、102'、103'、104'を求め、回転数および流量が限界線101'、102'、103'、104'で囲まれた領域内に存在するか否かで判定する方法もあるが、この方法は、第1図を用いた第2の方法と本質的には同等とみなせる。

これらの従来の適正運転判定方法は、いずれも次のような欠点をもっている。すなわち、ポンプの許容運転範囲はポンプ吸込圧 P_s によつて大きく変化し、また可変速ポンプの場合はポンプ回転数 N によつて変化するにもかかわらず、前述の第1の判定方法ではポンプ吸込圧 P_s およびポンプ回転数 N の変化を考慮せずに許容値を設定してお

(3)

限値 P_1 、下限値 P_2 、最高効率点における値 P_4 を求め、それらの値を出力する。

また必要に応じて、前述の出力値より付随的に求まる積算流量、全揚程、有効NPSH、必要NPSH、ポンプ効率などの多くの情報をも出力する。これによりそれらの出力値を用いたきめ細かな監視および適正かつ高効率なポンプ運転操作を可能とするものである。すなわち、ポンプ流量制御弁もしくはポンプ回転数を操作し、現在値を上限と下限の範囲内に入れるようにすることにより、キャビテーションなどを生じさせない適正な運転が、また現在値を最高効率点における値に近づけることにより高効率な運転を行うことが可能となる。

また、本発明の監視方式によれば、吸込圧 P_s さらに可変速ポンプの場合は回転数 N を考慮してポンプ許容運転範囲の上下限値を定め、その値を用いて許容運転範囲からの逸脱を判定する。このため吸込圧 P_s の変動がある場合も適確な判定が可能となる。

さらに、本発明の監視方式によれば、流量検出

(5)

り、また第2の判定方法ではポンプ吸込圧 P_s の変化を考慮せずに限界線を定めていることである。よつて、第1の判定方法は定速ポンプで、かつ吸込圧 P_s の変動の小さな場合にしか適用できず、また第2の判定方法は吸込圧 P_s の変動の小さな場合にしか適用できないことになる。

本発明は、従来のポンプ運転状態監視方式の前記欠点を解消し、ポンプ吸込圧 P_s の変動がある場合でも適確な監視が可能なるポンプ運転状態監視方式を提供するためになされたものである。

このため本発明のポンプ運転状態監視方式によれば、定速もしくは可変速のターボ形ポンプにおいて、ポンプ吸込み側および吐出し側に圧力検出器を設け、また可変速ポンプに対してはさらに回転数検出器を設け、ポンプ吸込圧 P_s と吐出し圧 P_d および可変速ポンプの場合はポンプ回転数 N を検出する。それらの検出信号およびポンプ特性曲線を用い公知のマイクロコンピュータにより、流量の現在値 Q_1 、上限値 Q_2 、下限値 Q_3 、最高効率点における値 Q_4 および吐出し圧力の現在値 P_1 、上

(4)

器を設け、その検出信号を追加入加して実際の計測流量 Q_1 を得て、ポンプ吸込圧が P_s 、^{吐出し圧 P_d} 、回転数 N 、およびポンプ特性曲線より得られた流量の現在値 Q_1 と Q_2 との偏差を求め、それが許容偏差以上となっているか否かを判定する。これによりポンプ内への異物や空気の混入、ポンプのライナリングの摩耗などに起因するポンプ性能劣化要因の有無を監視することができる。

以下に本発明のポンプ運転状態監視方式について詳述する。

まず、本発明の監視方式で用いるポンプ特性曲線について説明する。第3図に示す曲線111はポンプ揚程曲線でありポンプ性能試験を行つて得られたものである。また曲線112はポンプ使用用途から考えこの曲線の右側に流量と揚程が出るとはあり得ないことを示す過大流量限界線であり、曲線113はポンプのミニマムフロー限界などから定まる過小流量限界線である。

第4図に示す曲線114はポンプの必要NPSH曲線であり、各ポンプに対し一時的に定まる特性で

(6)

ある。

第5図に示す曲線112'は、ポンプ定格回転数を N_0 、ポンプ回転数 N とし回転数比 R を

$$R = N / N_0 \quad (1)$$

とした場合、各回転数比 R に対応するポンプ揚程曲線111と曲線112との交点の流量を表わしている。同様に曲線113'は各回転数比 R に対応するポンプ揚程曲線111と曲線113の交点の流量を表わしている。

第6図に示す曲線115はポンプ軸動力曲線でありポンプ性能試験を行つて得られるものである。

曲線111、112'、113'、114、115を流量 Q 、揚程 H 、必要NPSH h_R 、軸動力 W に関する関数として表わすと次のようになる。

$$H = f_H(Q) \quad (2)$$

$$Q = f_u(R) \quad (3)$$

$$Q = f_L(R) \quad (4)$$

$$h_R = f_R(Q) \quad (5)$$

$$W = f_W(Q) \quad (6)$$

これら関数および(2)式、(5)式の逆関数

(7)

まず、吸込圧力検出器3および吐出し圧力検出器4の検出信号をマイクロコンピュータ6に入力し吸込圧力 P_s 、吐出し圧力 P_d を得る。また可変速ポンプを対象としている場合は駆動機2に回転数検出器5を設け、回転数検出器5の検出信号をマイクロコンピュータ6に入力しポンプ回転数 N を得て、(1)式を用いて回転数比 R を求める。定速ポンプの場合は回転数比を常に1としておく。

また、

$$D = (Z_d - Z_s) + \frac{Q_1^2}{2g} (1/A_d^2 - 1/A_s^2) \quad (8)$$

を求めておく。ここで g は重力加速度であり、また Q_1 は1時点前に後述の(12)式を用いて求めた流量である。

以上のデータを用い次の(9)式と(10)式よりポンプ全揚程 H_1 および有効NPSH h_s を求める。

$$H_1 = (P_d - P_s) / \rho + D \quad (9)$$

$$h_s = (P_s - P_v + P_a) / \rho + Z_s + Q_1^2 / (2gA_s^2) \quad (10)$$

また、(2)式と(3)式より流量の現在値 Q_1 および最高効率点における値 Q_2 を求める。

$$Q_1 = R \cdot f_H^{-1}(H_1 / R^2) \quad (11)$$

(9)

$$Q = f_H^{-1}(H) \quad (7)$$

$$Q = f_R^{-1}(h_R) \quad (8)$$

を近似関数もしくはテーブルの形でマイクロコンピュータ6(第8図)に記憶させておく。テーブルの形で投入した場合も補間法などを用いることによりこれら連続関数を容易に近似することができる。

また、第7図に示すようにポンプ1の吸込側に吸込圧力検出器3を、また吐出し側に吐出し圧力検出器4を設け、ポンプ軸心から吸込圧力検出器3までの測点高差 Z_s および吐出し圧力検出器4までの測点高差 Z_d 、吸込圧力検出点の管断面積 A_s および吐出し圧力検出点の管断面積 A_d をマイクロコンピュータ6に記憶させておく。

さらに、大気圧 P_a 、ポンプの取扱い液の比重 ρ および蒸気圧 P_v の平均値、ポンプの定格回転数 N_0 、ポンプの最高効率点における流量 Q_0 と揚程 H_0 をマイクロコンピュータ6に記憶させておく。

次に第8図に示す装置にしたがい監視手順を説明する。

(8)

$$Q_0 = R Q_1 \quad (12)$$

また、(4)式と(5)式より吐出し圧の現在値 P_d および最高効率点における値 P_d を求める。

$$P_d = P_s \quad (13)$$

$$P_d = P_s + \rho(R^2 H_0 - D) \quad (14)$$

次に第4図に示す必要NPSH曲線114と有効NPSH h_s の交点に対応する上限流量 q_u と下限流量 q_L を(10)式より求める。

$$q_u \text{ または } q_L = R \cdot f_R^{-1}(h_s / R^2) \quad (15)$$

また、第5図に示す曲線112'と曲線113'から定まる上限流量 q_u' と下限流量 q_L' を(3)式と(4)式より求める。

$$q_u' = f_u(R) \quad (16)$$

$$q_L' = f_L(R) \quad (17)$$

そして、 q_u と q_u' のうち小さい方の値を流量上限値 Q_3 とし、また q_L と q_L' のうち大きい方を流量下限値 Q_4 とする。すなわち、

$$Q_3 = \text{MIN}(q_u, q_u') \quad (18)$$

$$Q_4 = \text{MAX}(q_L, q_L') \quad (19)$$

次に、ポンプ吐出し圧の上限値 P_2 と下限値 P_2 を

(9)

2)式と2)式より求める。

$$P_1 = P_3 + r \{ R^3 \cdot f_H(Q_1/R) - D \} \quad (20)$$

$$P_2 = P_3 + r \{ R^3 \cdot f_H(Q_2/R) - D \} \quad (21)$$

以上得られた Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 および P_1 , P_2 , P_3 , P_4 をマイクロコンピュータ 6 から出力装置 7 に出力する。

また、2)式もしくは2)式が満足されているか否か判定し、その結果を出力装置 7 に出力する。

$$Q_3 < Q_1 < Q_2 \quad (22)$$

$$P_3 < P_1 < P_2 \quad (23)$$

2)式もしくは2)式が満足されている場合は、ポンプが許容運転範囲内で運転されていることになる。

さらに、2)式や2)式より必要 NPSH h_R やポンプ効率 η を求め出力装置 7 に出力することも可能である。

$$h_R = R^3 \cdot f_R(Q_1/R) \quad (24)$$

$$\eta = 0.163 Q_1 H_1 / (R^3 \cdot f_L(Q_1/R)) \quad (25)$$

以上の手順をくりかえすことにより時々刻々の状態量を得てポンプ運転状態監視を行うことがで

01

細かなポンプ監視および適正かつ高効率なポンプ運転操作が可能となる。特に、本発明のポンプ運転状態監視方式は、吸込圧を考慮してポンプ監視および許容運転範囲からの逸脱判定を行うものであるので、吸込圧の変動があつた場合でも適確な監視および判定を行うことができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図は従来の判定方式による場合の流量—圧力および回転数—流量の限界線図である。第3図ないし第6図は本発明の監視方式で用いるポンプ特性曲線を示し、第3図は流量—揚程、第4図は流量—NPSH、第5図は回転数比—流量、第6図は流量—軸動力の各曲線を示す図である。第7図はポンプ軸心から吸込圧力検出器および吐出し圧力検出器までの測点高差、吸込圧力検出点および吐出し圧力検出点の管断面積を示す説明図である。第8図は本発明の監視方式を示すブロック図である。

1…ポンプ、2…駆動機、3…吸込圧力検出器、4…吐出し圧力検出器、5…回転数検出器、6…

02

きる。また流量 Q_1 を時間に関してマイクロコンピュータ 6 で数値積分することにより積算流量を求め出力することができる。

また、流量 Q_1 は、本来ポンプが有すべき性能曲線より算出されるので、ポンプ性能が変化しないかぎり流量計で計測した流量 Q_1' と一致するはずである。 Q_1 と Q_1' の偏差が大きい場合は、ポンプ内への異物や空気の流入、羽根車やライナリングの摩耗などに起因するポンプ性能劣化が起つている可能性がある。

そしてマイクロコンピュータ 6 に流量検出器の検出信号を追加入力して計測流量 Q_1' を得て Q_1 との偏差を求め、それがマイクロコンピュータ 6 にあらかじめ設定した許容偏差以上になつているか否か判定し、その結果をマイクロコンピュータ 6 より出力装置 7 に出力することによりポンプの性能劣化の有無を知ることが可能である。

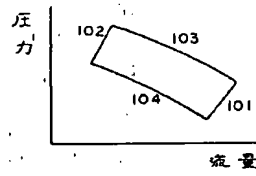
以上説明したように、本発明のポンプ運転状態監視方式は、多くの情報に基づきポンプ監視およびポンプ運転操作を行うものであるため、きめの

03

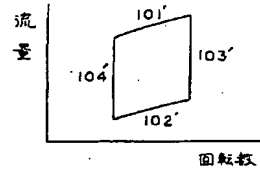
マイクロコンピュータ、7…出力装置

特許出願人 株式会社荏原製作所
代理人 弁理士 高橋敏忠

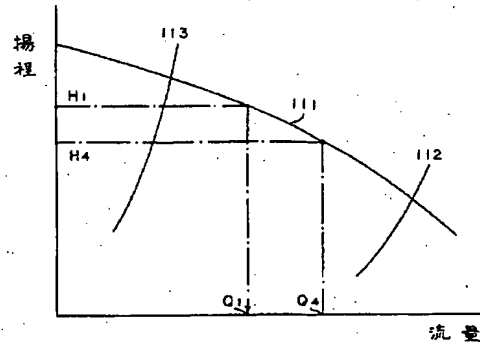
第1図



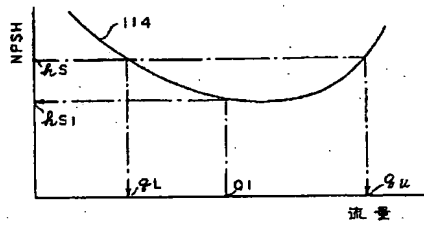
第2図



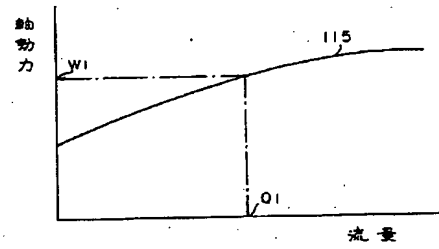
第3図



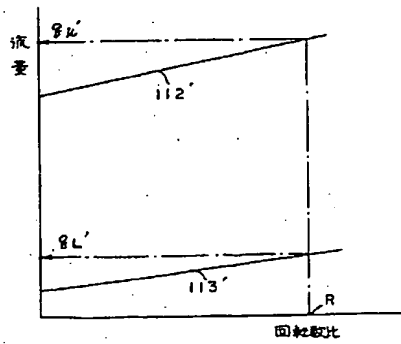
第4図



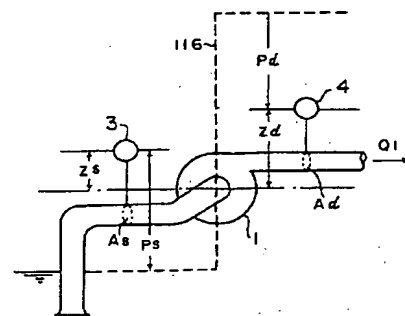
第6図



第5図



第7図



第 8 図

